

Corso di specializzazione per

**OPERATORE SENIOR  
PERFORATRICE IDRAULICA  
GRANDE DIAMETRO**

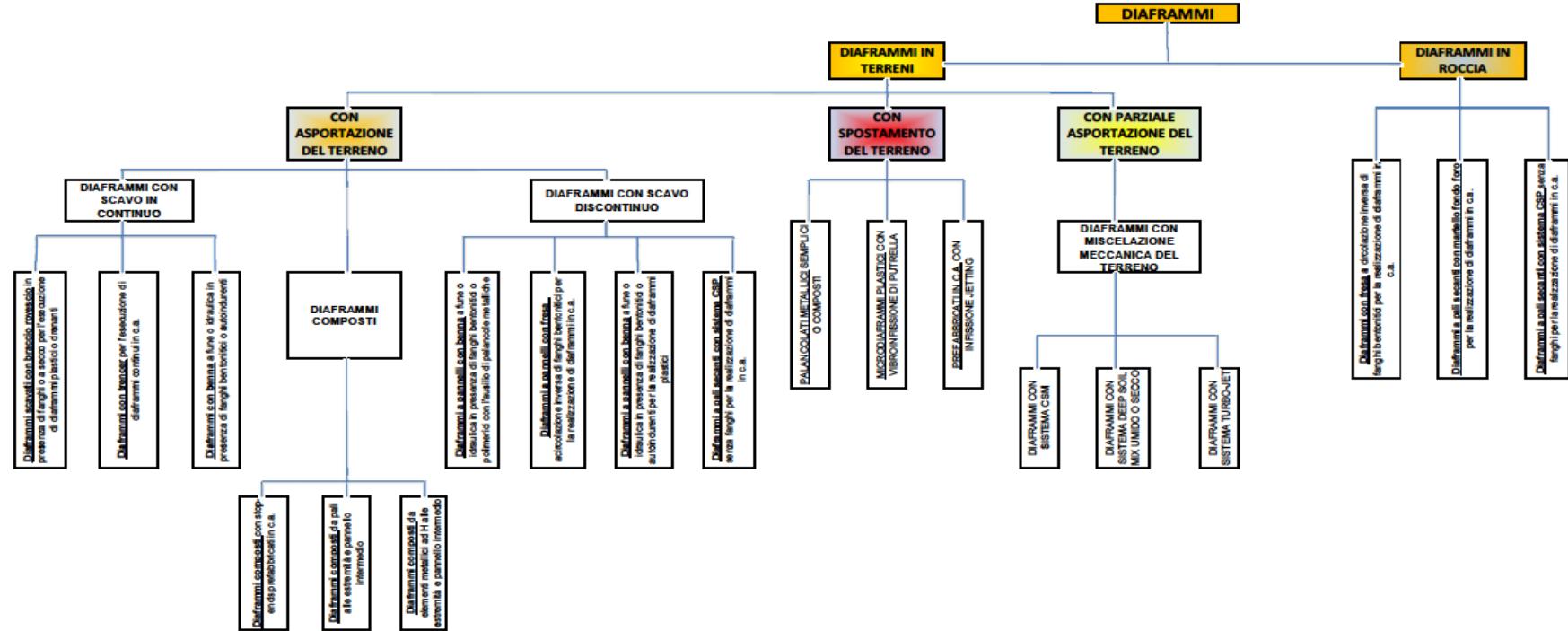
Caratteristiche dei terreni e  
tecniche di perforazione applicabili (3 parte)

Cesena, 2009

# Tecniche di perforazione di grande diametro

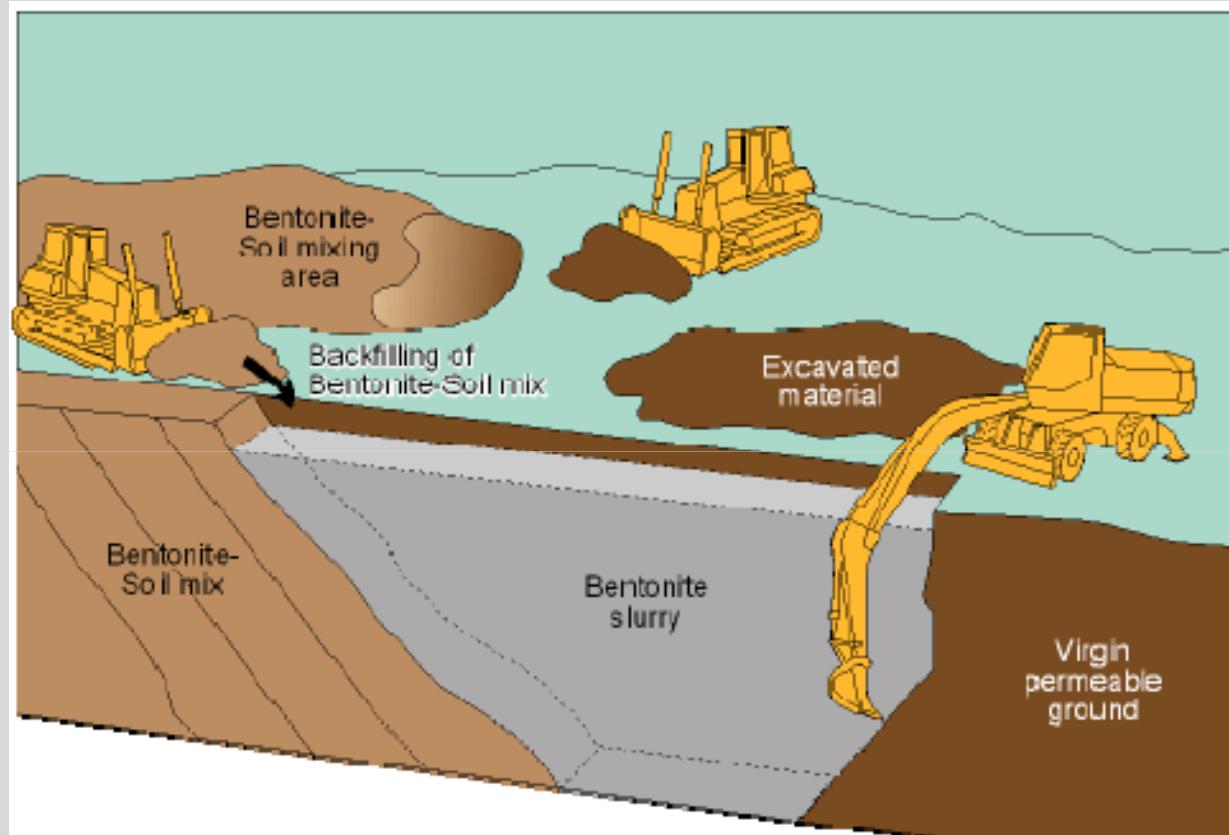
- **PALI**
- **DIAFRAMMI**

# Tecniche di perforazione di grande diametro



## Diaframma continuo con asportazione del terreno

Nei casi più semplici per diaframmi con profondità relativamente piccole di alcuni metri, uno dei sistemi più veloci ed economici è quello di realizzare lo scavo in continuo con braccio rovescio con ausilio di fango bentonitico. Lo scavo viene poi man mano riempito con terreno premiscelato con bentonite o fanghi autoindurenti.



## Diaframma continuo con asportazione del terreno



Il sistema CDW (Continuous Diaphragm Wall / Diaframmi Lineari Continui) è stato studiato per permettere lo scavo ed il riempimento contemporaneo di diaframmi. La realizzazione della parete avviene attraverso un ciclo continuo di lavorazione, e pertanto le produzioni sono quasi il doppio rispetto a quelle ottenute con tecniche tradizionali. Il metodo utilizzato per lo scavo non richiede l'uso di fango bentonitico, rendendo estremamente pulita l'intera area di lavoro. La velocità d'esecuzione, l'assenza di giunti e la possibilità di utilizzare miscele cementizie autoindurenti, rende concorrenziale il sistema CDW nella realizzazione di interventi di impermeabilizzazione idraulica. Un modulo fresante viene portato all'interno dello scavo, una volta raggiunta la quota di progetto viene colato il calcestruzzo nella cavità aperta. La spinta idrostatica esercitata dal calcestruzzo immesso spinge il modulo in avanti. Il materiale di risulta non inquinato viene direttamente caricato su camion per mezzo di un nastro trasportatore.

## Diaframma continuo con asportazione del terreno



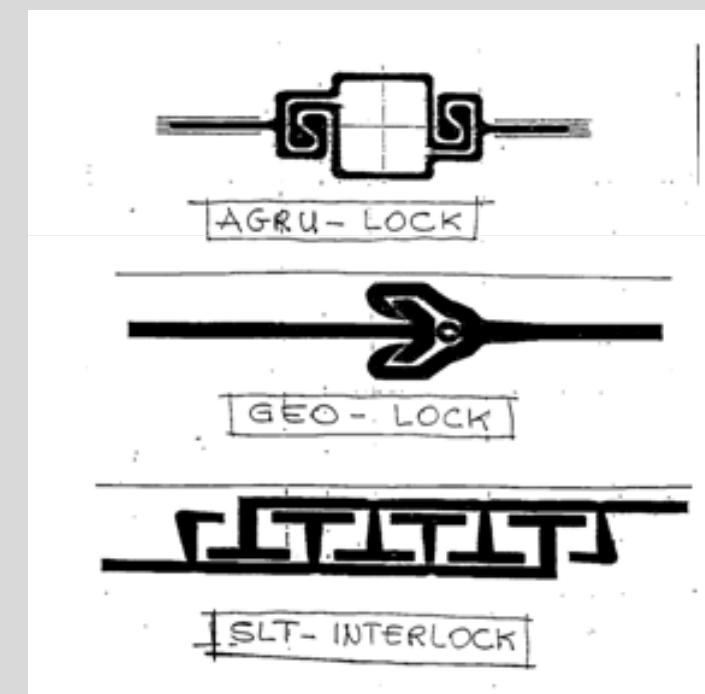
Nello scavo dei diaframmi plastici per cinturazioni o impermeabilizzazioni si opera con benna a fune o idraulica in continuo, mantenendo lo scavo pieno di miscela plastica ad elevata lavorabilità. Lo scavo prosegue in continuo continuando ad alimentare lo scavo con la miscela plastica, spesso dopo il completamento viene inserito nello scavo un telo in HDPE a tenuta idraulica.



## Diaframma continuo con asportazione del terreno

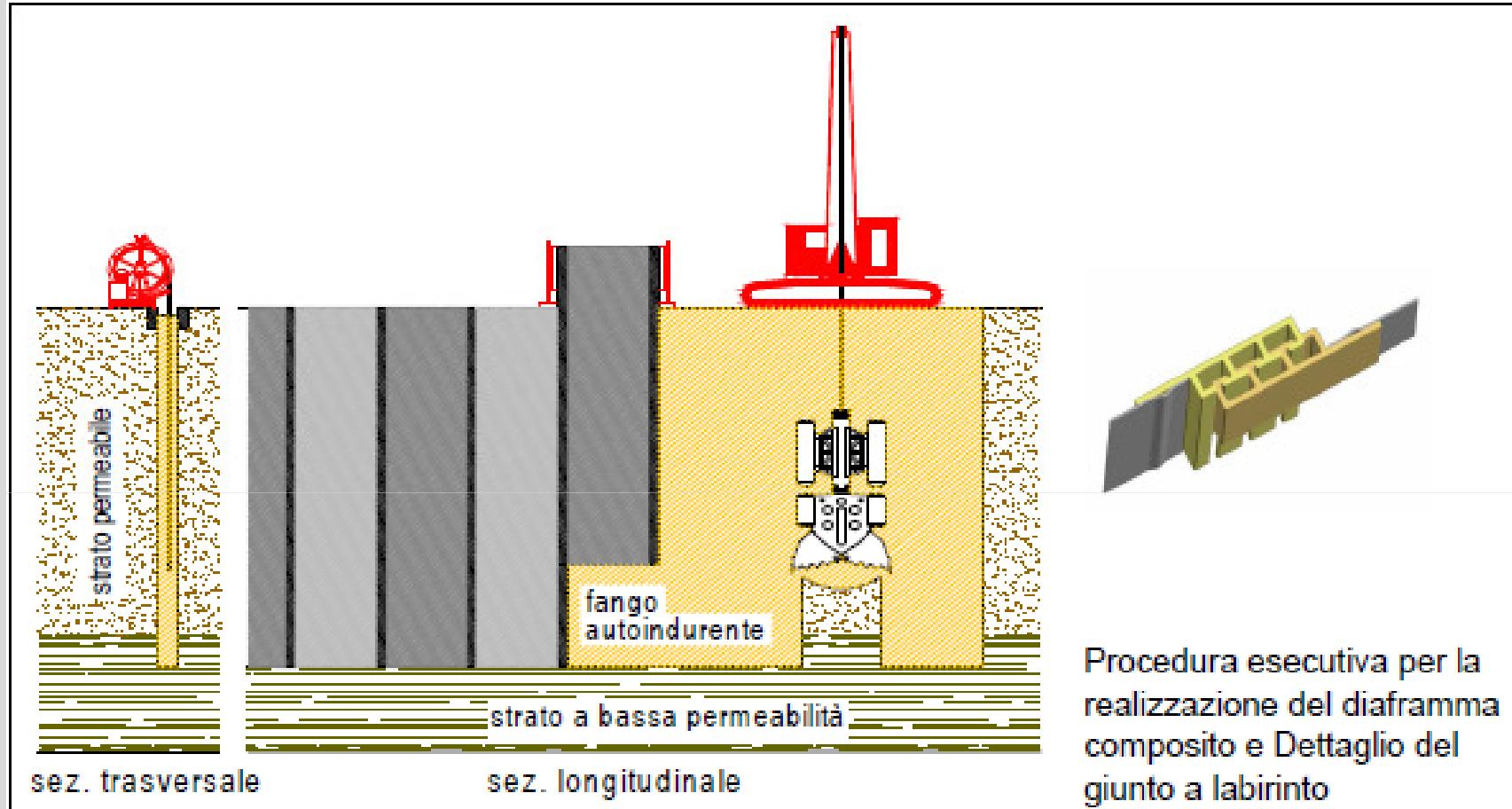


Il telo in HDPE viene inserito e mantenuto teso all'interno del diaframma per tratte in genere di 5 m , i teli poi sono collegati fra loro mediante giunti meccanici quando ancora la miscela è fresca.



### Tipi di giunti teli HDPE

# Diaframma continuo con asportazione del terreno



Schema tipo per la realizzazione dei diaframmi plastici con telo HDPE

# Diaframma continuo con asportazione del terreno

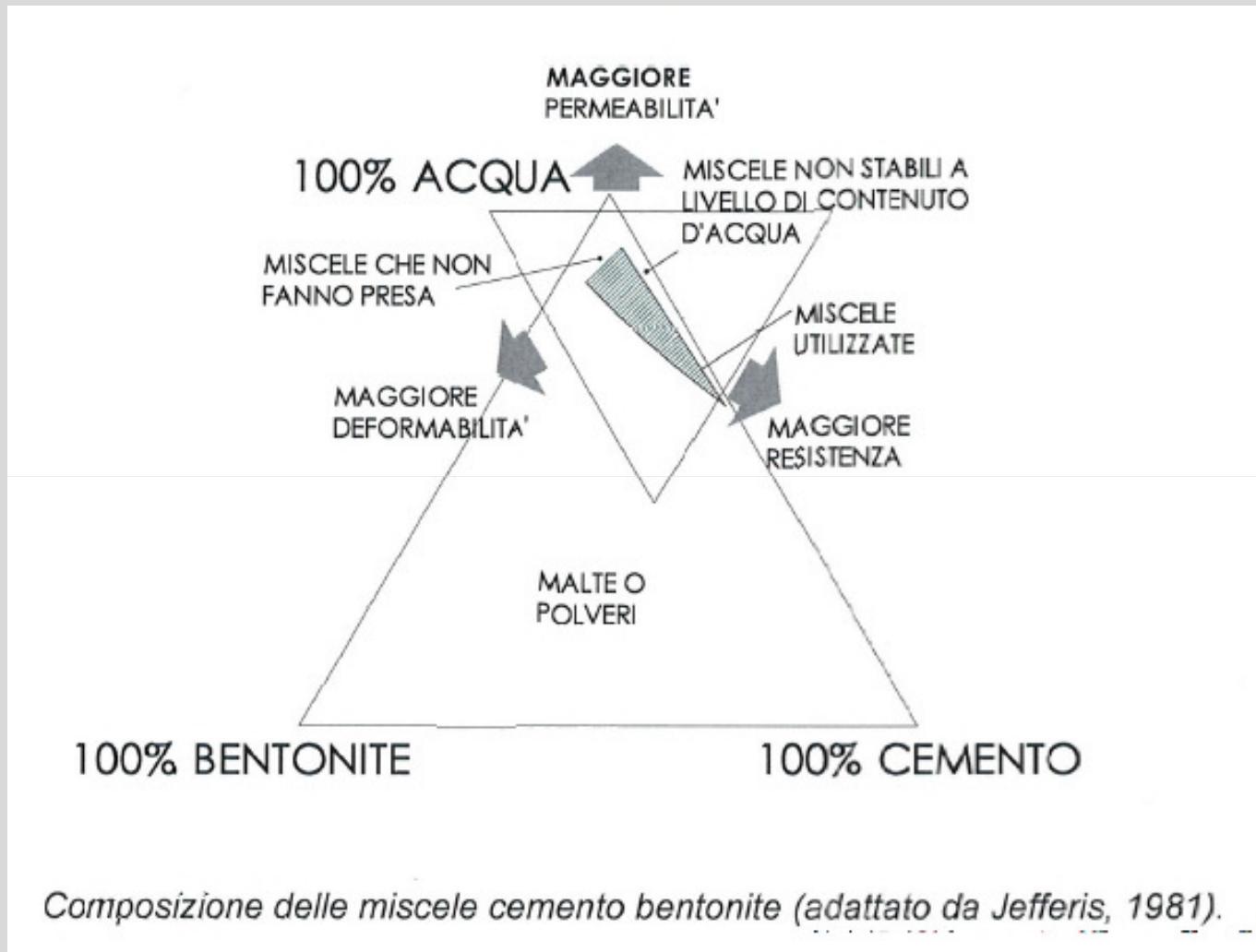


Diagramma tipo delle miscele ternarie acqua, cemento e bentonite impiegate per il confezionamento dei diaframmi plastici.

Attualmente sono disponibili sul mercato premiscelati cementizi che vengono impiegati in alternativa alla miscela ternaria, questi prodotti garantiscono alte prestazioni sia in termini di basse permeabilità sia come velocità di preparazione.

## ACNA Industrie Chimiche

## Case History

Lo stabilimento ACNA fu costruito alla fine del secolo scorso in **Valle Bormida**, in località Cengio, nell'area costituita da un'ansa del fiume Bormida, circa 400 m.s.l.m. Tale area è caratterizzata da depositi alluvionali superficiali giacenti ad una quota variabile dai 4 ai 9 m dal p.c.

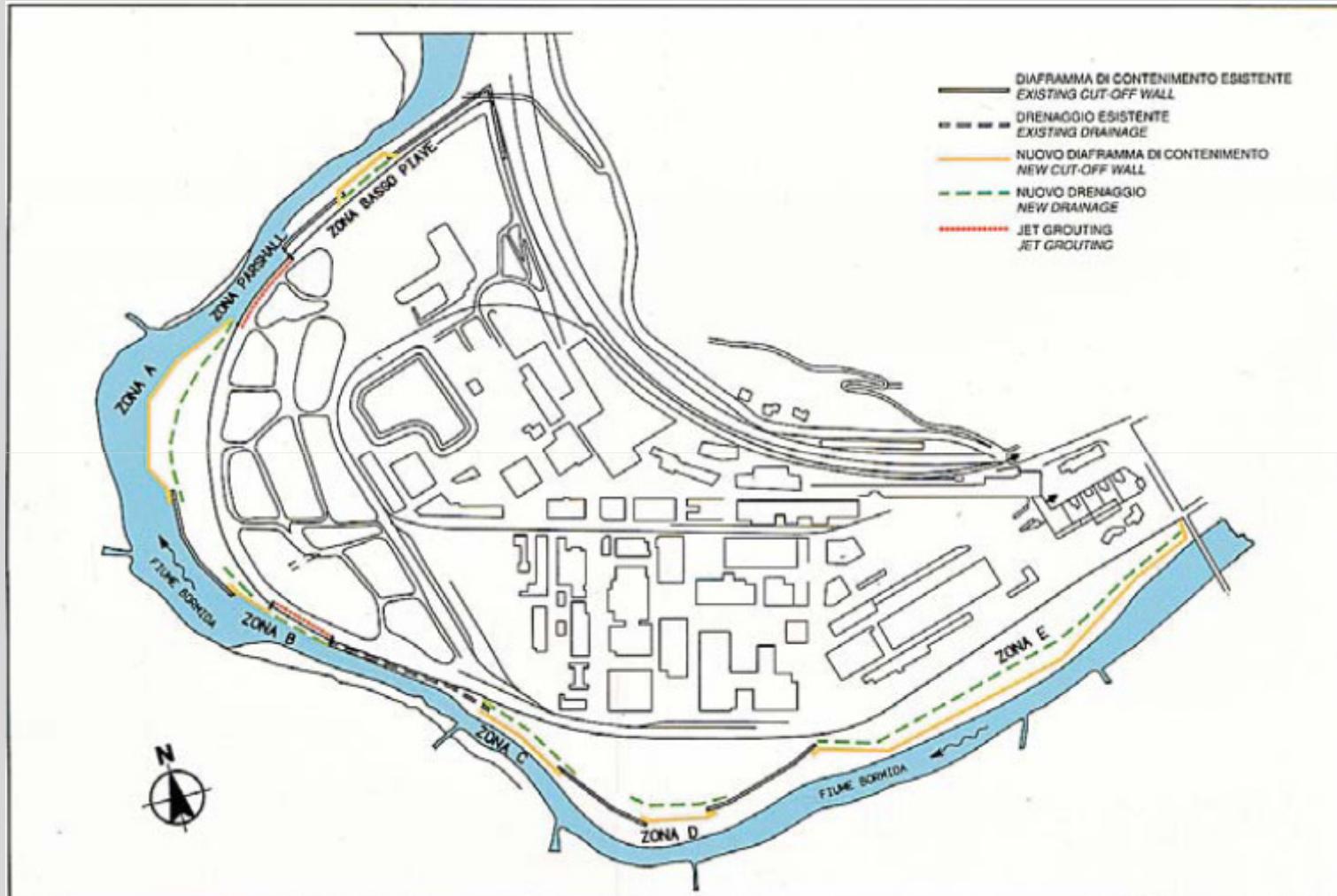
Negli anni, durante il funzionamento degli impianti, si sono verificati percolazioni e perdite di prodotti chimici che hanno provocato l'inquinamento dei terreni alluvionali superficiali e quindi delle acque di falda.

A Trevi sono stati affidati dalla Società Tecnimont, per conto dell'ACNA, tutti i lavori di **contenimento della falda acquifera** attorno allo stabilimento e la **costruzione del sistema di emungimento** della stessa.



# Acna di Cengio

## *Case History*



# Acna di Cengio

## *Case History*



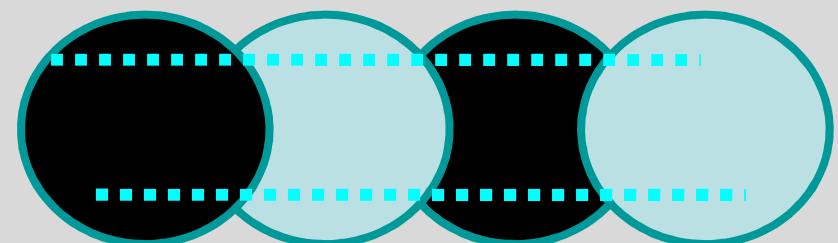
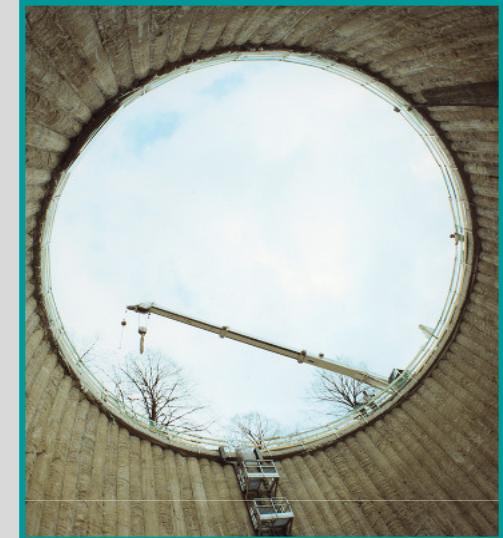
## Diaframma con scavo discontinuo del terreno

Dalla tecnologia a pali CAP deriva un'applicazione denominata **CSP (Continuous Secant Piles)**.

Il diaframma continuo *realizzato con pali secanti* è composto da pali primari e secondari interconnessi aventi diametro nominale di 800 o 900 mm, interasse di 60-70 cm e profondità sino a 20 metri.

Utilizzando questi diametri, è possibile ottenere il miglior compromesso in rapporto con il diametro del palo eseguito in termini di:

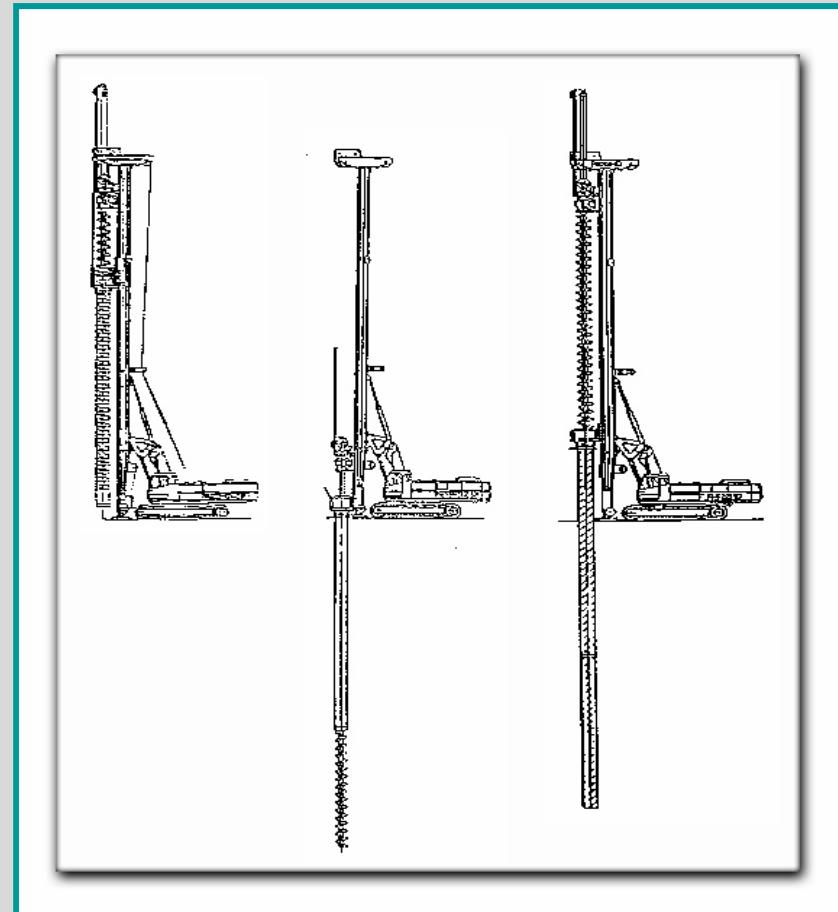
- Calcestruzzo da scavare nella fase di esecuzione dei pali secondari
- Spessore risultante efficace del diaframma



## Diaframma con scavo discontinuo del terreno

La sequenza di costruzione prevede l'esecuzione di pali primari non armati e, a seguire, l'esecuzione di pali secondari armati o non armati con la sovrapposizione richiesta.

La realizzazione di murette di guida opportunamente sagomate è necessaria per garantire il corretto posizionamento planimetrico dei pali e la guida del tubo di rivestimento in superficie.



# Diaframma con scavo discontinuo del terreno

Le produzioni industriali variano tra 70 e 90 m di palo finito per turno giornaliero di 10 ore.

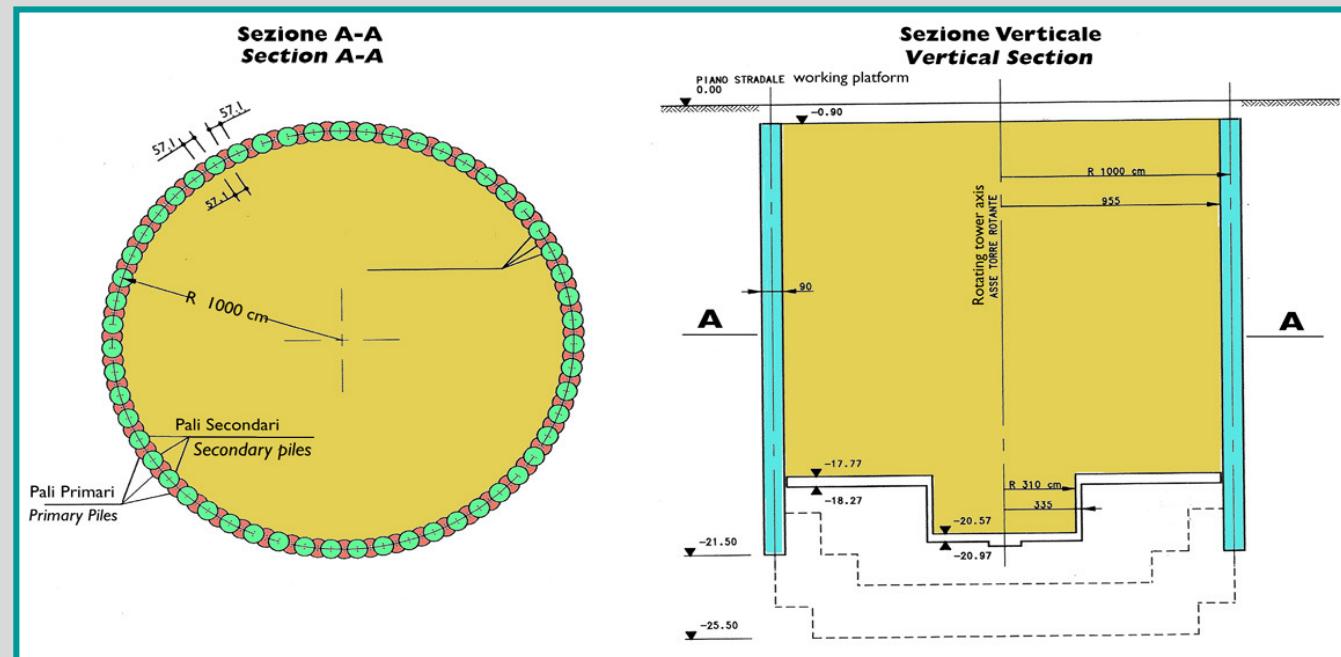


### Parcheggio Piazza Fabbri (Cesena - Italia)

Per consentire lo scavo, sono stati realizzati **110 pali di diametro 900 mm e profondità di 21,5 m** dal piano stradale (**rivestiti per 16,5 m**).

**Una distanza da asse ad asse palo di 57,10 cm** è stata adottata per garantire uno spessore continuo del diaframma pari a 50 cm a fondo scavo.

La struttura è stato progettata per sopportare sollecitazioni di compressione semplice, senza l'impiego di armature. La stratigrafia locale era costituita da una alternanza di livelli sabbiosi e limosi.



## Diaframma con scavo discontinuo del terreno

Il sistema di scavo è costituito da una benna mordente a due valve, di spessore pari a quello della parete da realizzare e di larghezza standard pari a 250 cm e con profondità che possono raggiungere i 60 m.

Lo scavo si esegue per pannelli primari e secondari, di sezione rettangolare con l'ausilio di fanghi bentonitici o polimerici; i pannelli vengono armati con gabbia metallica preconfezionata, costituita da barre longitudinali e staffatura.

Prima della messa in opera della gabbia, il pannello viene ripulito dai detriti in sospensione e che si depositano sul fondo mediante un sistema di dissabbiamento del fango (se bentonitico) o per decantazione e pulizia (se polimerico).



# Diaframma con scavo discontinuo del terreno



**Pedana con doppio tubo getto**



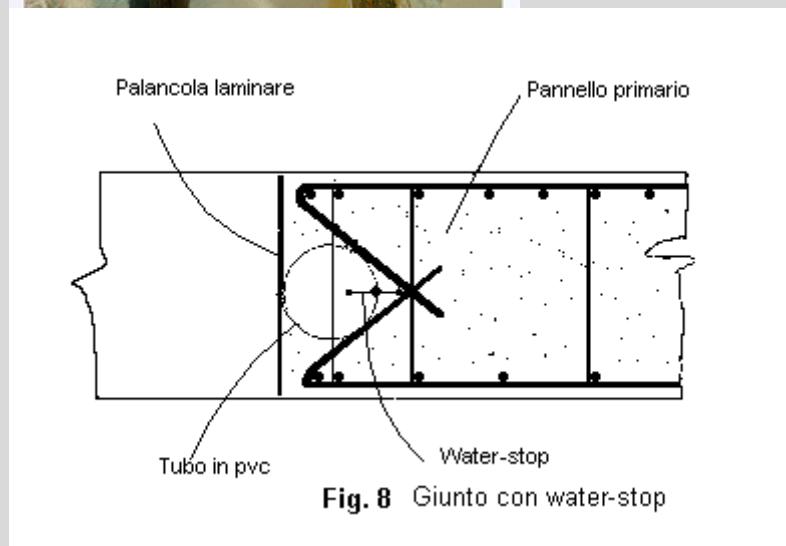
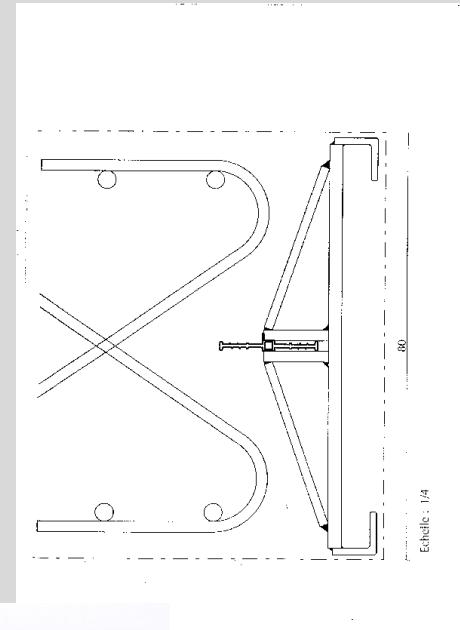
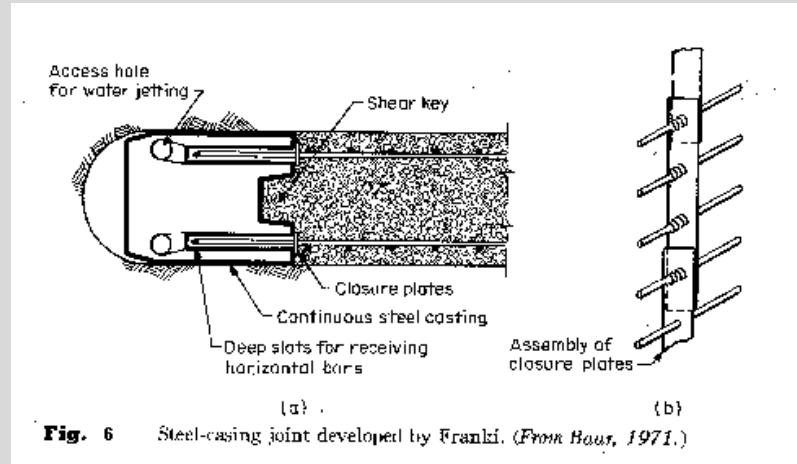
## Diaframma con scavo discontinuo del terreno

Il getto del pannello avviene sempre con sistema contractor come per i pali trivellati. Particolare attenzione deve essere posta nella realizzazione dei giunti a tenuta idraulica fra i pannelli primari e quelli secondari; diverse sono le possibili soluzioni adottabili:

- giunto tipo Milano con tubo PVC
- giunto con palancole metalliche
- giunto con tenuta idraulica water-stop
- giunto prefabbricato in c.a.
- giunto con asportazione parziale del cls mediante sistema fresante

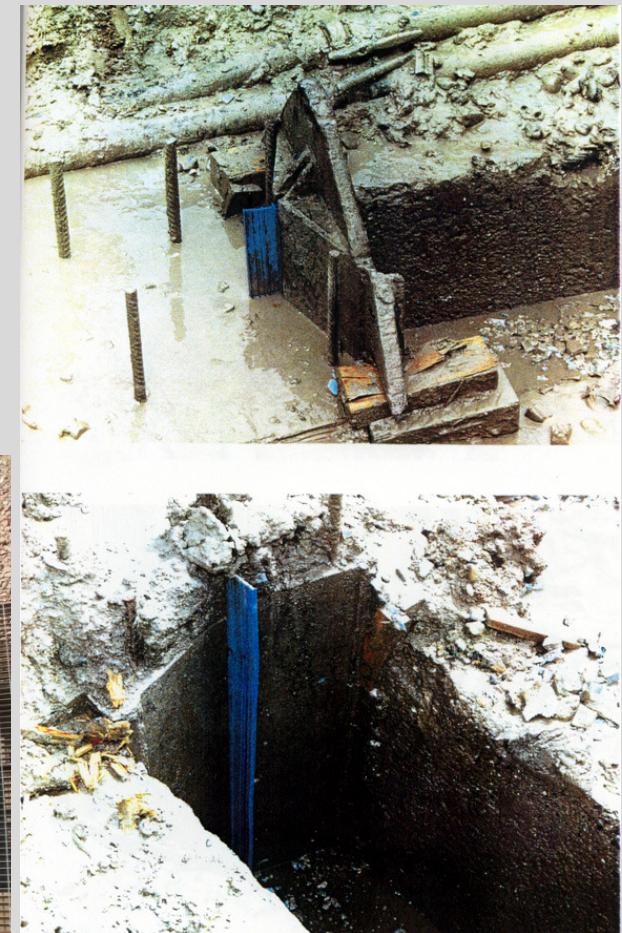


# Diaframma con scavo discontinuo del terreno

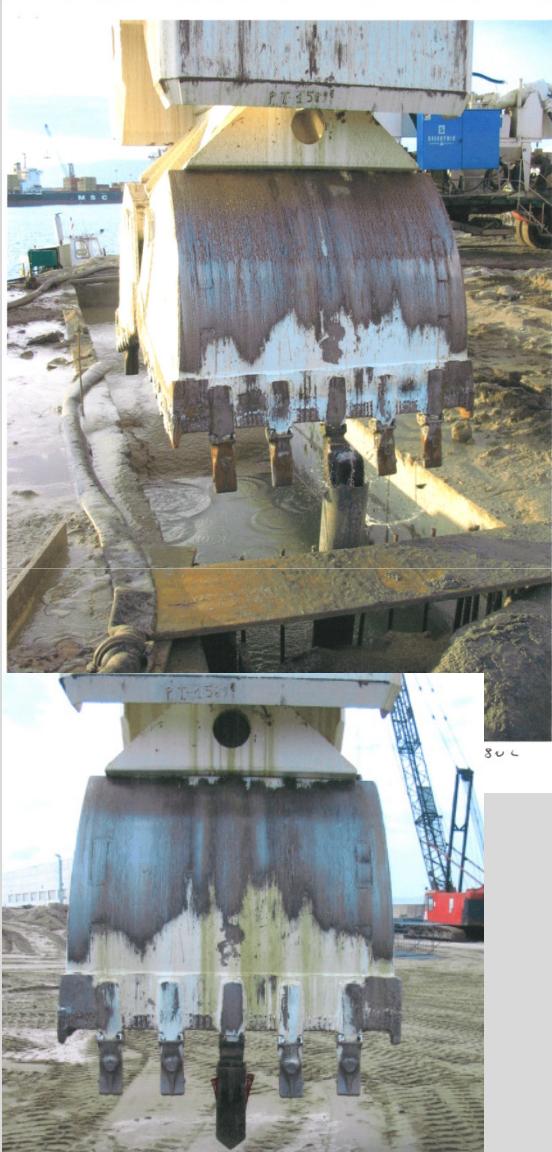


## Diaframma con scavo discontinuo del terreno

Una cura particolare bisogna porre nella pulizia del giunto per evitare che residui di fango o detriti restino intrappolati nel getto stesso. Utensili specifici vengono impiegati per la pulizia del giunto stesso quali : raschia-giunti, scalpelli, pulitori, ecc...



# Diaframma con scavo discontinuo del terreno



Applicazioni particolari per pulizia giunti

# Diaframma con scavo discontinuo del terreno



**Problematiche sulla tenuta dei giunti di diaframma**

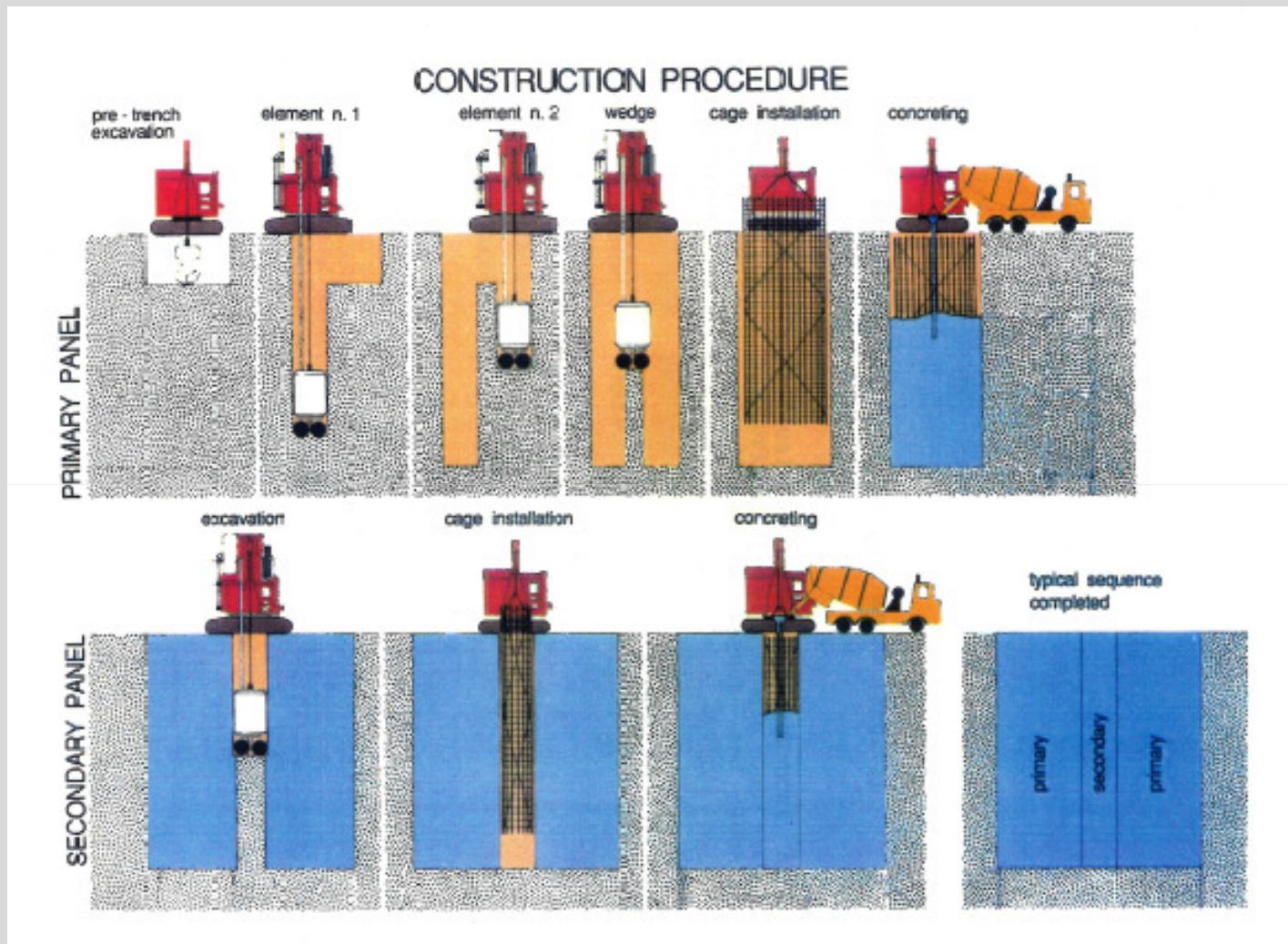
# Diaframma con scavo discontinuo del terreno

**La fresa** trova applicazione nella realizzazione di diaframmi quando ci troviamo in presenza di terreni molto compatti o rocce. Il sistema di scavo si realizza con circolazione inversa dei fanghi, il terreno disgregato viene rimosso dal pannello da una pompa aspirante e viene trasportato nella sospensione di fango bentonitico attraverso le tubazioni di aspirazione all'impianto di dissabbiamento, dove viene separato dal fango stesso tramite apposite griglie vibranti e cicloni separatori.

La bentonite riciclata viene poi ripompata nello scavo, mentre il materiale grossolano si accumula in prossimità dell'impianto da dove viene smaltito periodicamente con l'ausilio di una pala. La verticalità dell'utensile di perforazione viene misurata lungo l'asse del pannello e lungo l'asse perpendicolare mediante l'impiego di due inclinometri. Il computer di bordo elabora i dati e li visualizza in modo che l'operatore può tenere continuamente sotto controllo e se necessario correggere la verticalità del pannello durante lo scavo, ad esempio variando la velocità di rotazione dei dischi fresanti o variando l'inclinazione del piano di rotazione dei dischi stessi.

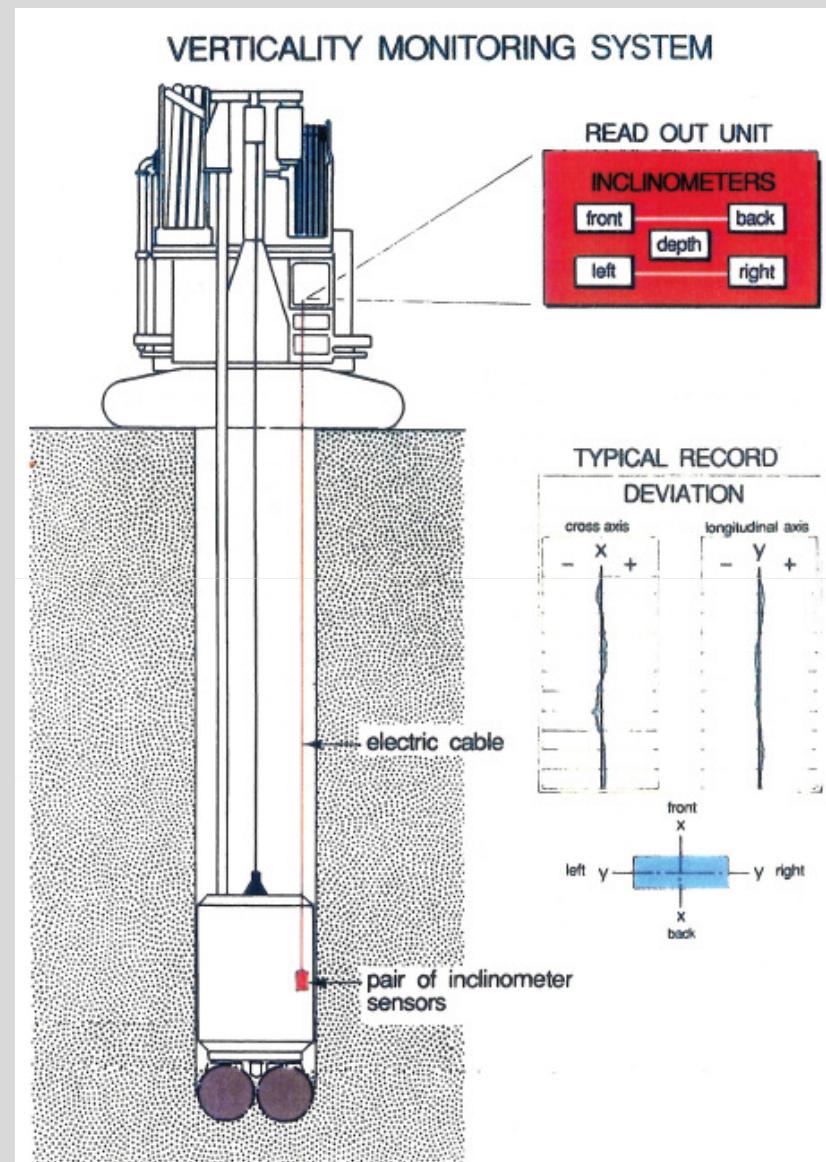


# Diaframma con scavo discontinuo del terreno



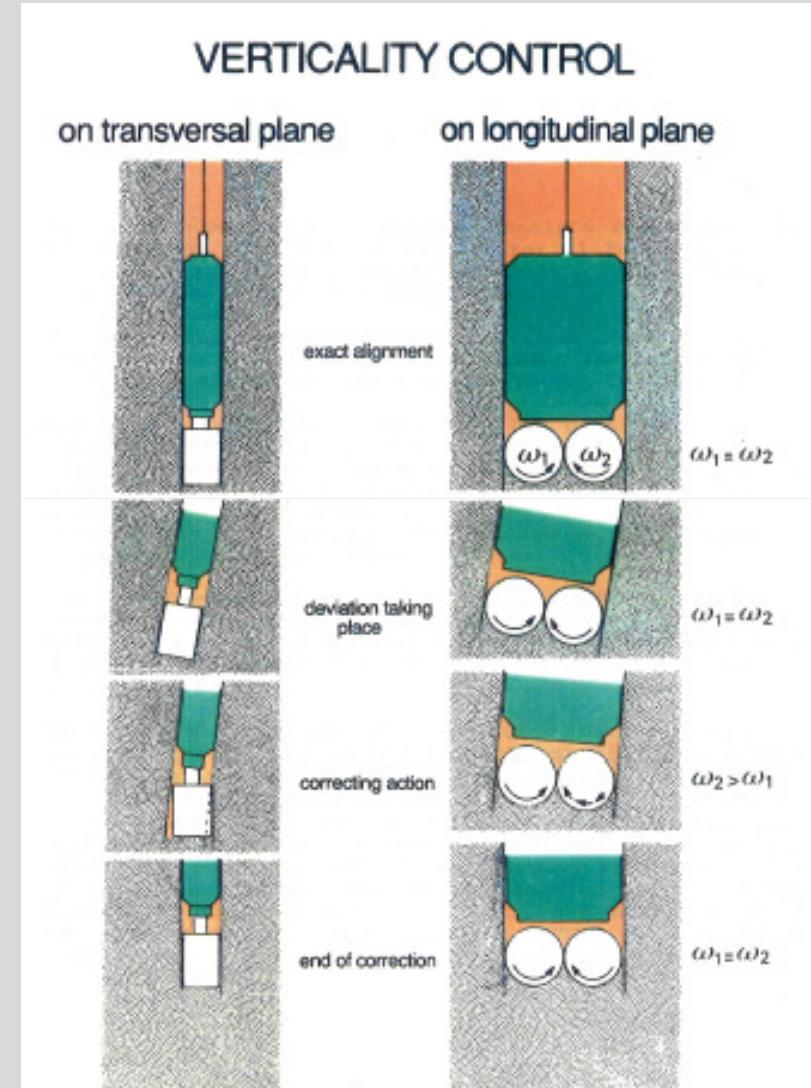
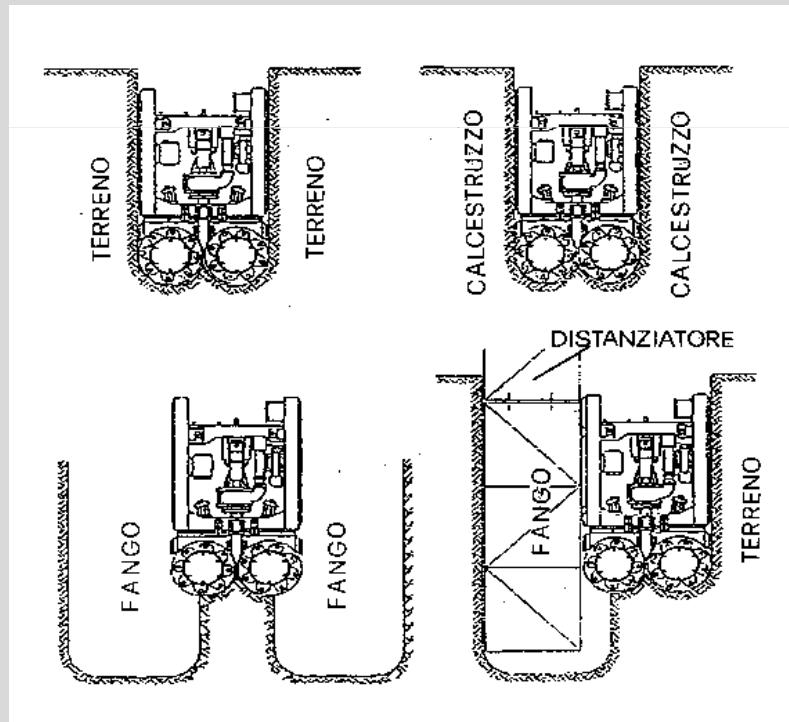
La procedura generale per la formazione dei giunti consiste nel sovrapporre i pannelli secondari di chiusura ai pannelli primari in modo che la fresa vada a tagliare tale porzione di pannello già gettato durante l'esecuzione del pannello di chiusura, il getto successivo garantirà la interconnessione dei giunti stessi fra i pannelli. Le dimensioni dei giunti sono generalmente comprese fra i 10 e 20 cm.

# Diaframma con scavo discontinuo del terreno

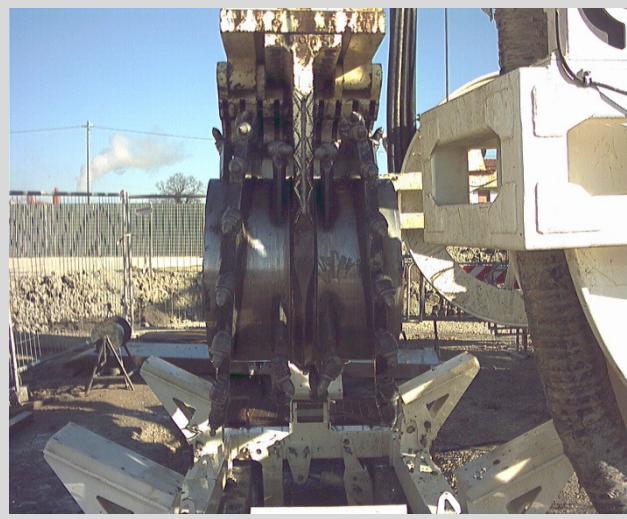


# Diaframma con scavo discontinuo del terreno

I dischi fresanti per lavorare correttamente dovranno lavorare entrambi su materiale aventi le stesse caratteristiche di consistenza e di durezza.



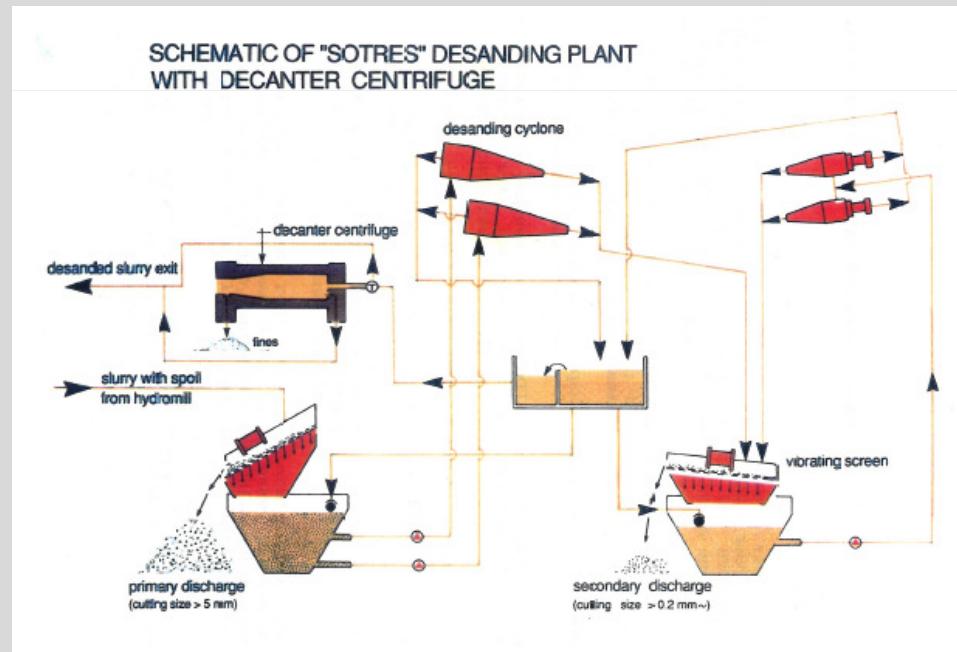
# Diaframma con scavo discontinuo del terreno



Ruote fresanti

# Diaframma con scavo discontinuo del terreno

## Impianto dissabbiamento



Schema di funzionamento  
impianto dissabbiamento

## Diaframma con spostamento del terreno

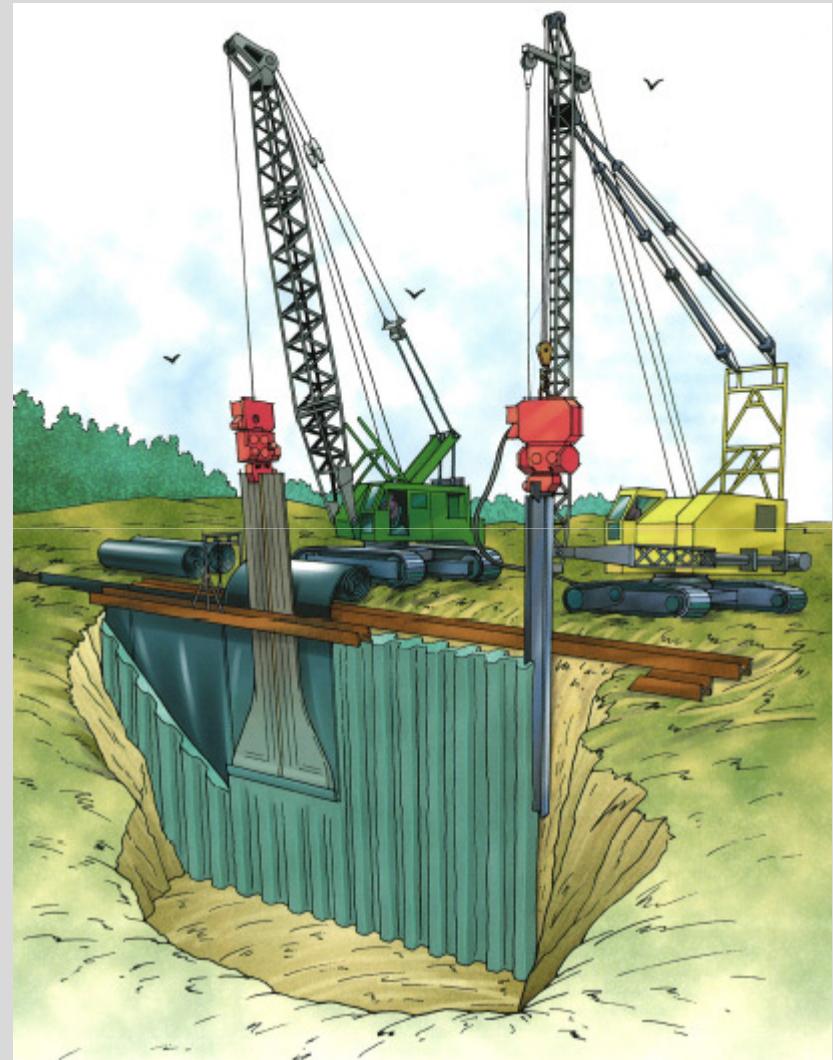
Nella categoria dei diaframmi con spostamento del terreno ricordiamo qui brevemente:

- **palancolati metallici semplici e composti**
- **diaframmi prefabbricati infissi**
- **diaframmi plastici sottili**

## Diaframma con spostamento del terreno

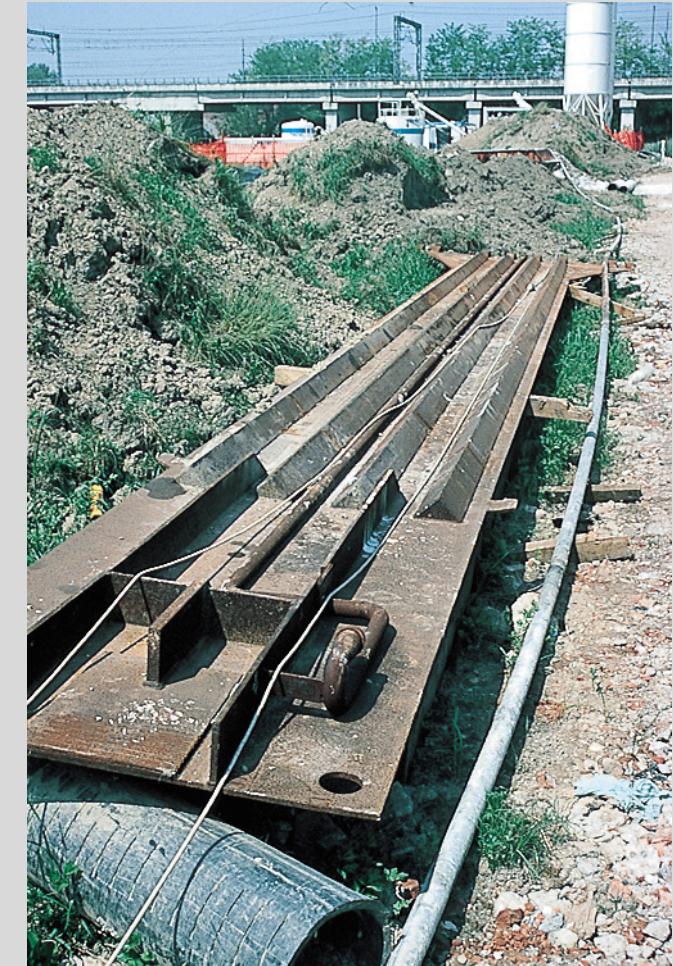
La realizzazione di **diaframmi sottili**, di spessore inferiore ai 30 cm, viene attuata mediante una serie di elementi contigui rettangolari ottenuti operando con un profilo metallico ad "I", di lunghezza pari alla profondità dello schermo da realizzare, che viene inserito nel terreno mediante l'uso di un vibratore, con la tecnica nota dei palancolati metallici.

Al profilo metallico, solitamente una trave IPE 1000, sono solidarizzati due o più tubi in acciaio attraverso i quali, durante la fase di infissione e la successiva estrazione, viene pompata una miscela autoindurente acqua/cemento/bentonite.



## Diaframma con spostamento del terreno

Diaframma  
sottile con telo  
in HDPE



## Diaframma con spostamento del terreno

Le successive infissioni/estrazioni vengono condotte lungo il medesimo asse con interasse di 80 cm, allo scopo di ottenere la continuità dello schermo che rimane riempito con la miscela autoindurente.

Immediatamente dopo l'esecuzione dei setti si procede alla posa in opera di teli in polietilene ad alta densità (HDPE), tra loro collegati in opera mediante giunti maschio - femmina.

I teli vengono posti in opera mediante una guida metallica sostenuta da una pinza vibrante che ne facilita la penetrazione.



## Diaframma con asportazione parziale del terreno

Possiamo considerare fra i diaframmi con parziale asportazione del terreno i diaframmi realizzati con miscelazione del terreno:

- **metodo CTJet**
- **metodo Turbojet**
- **metodo Soil-mix**

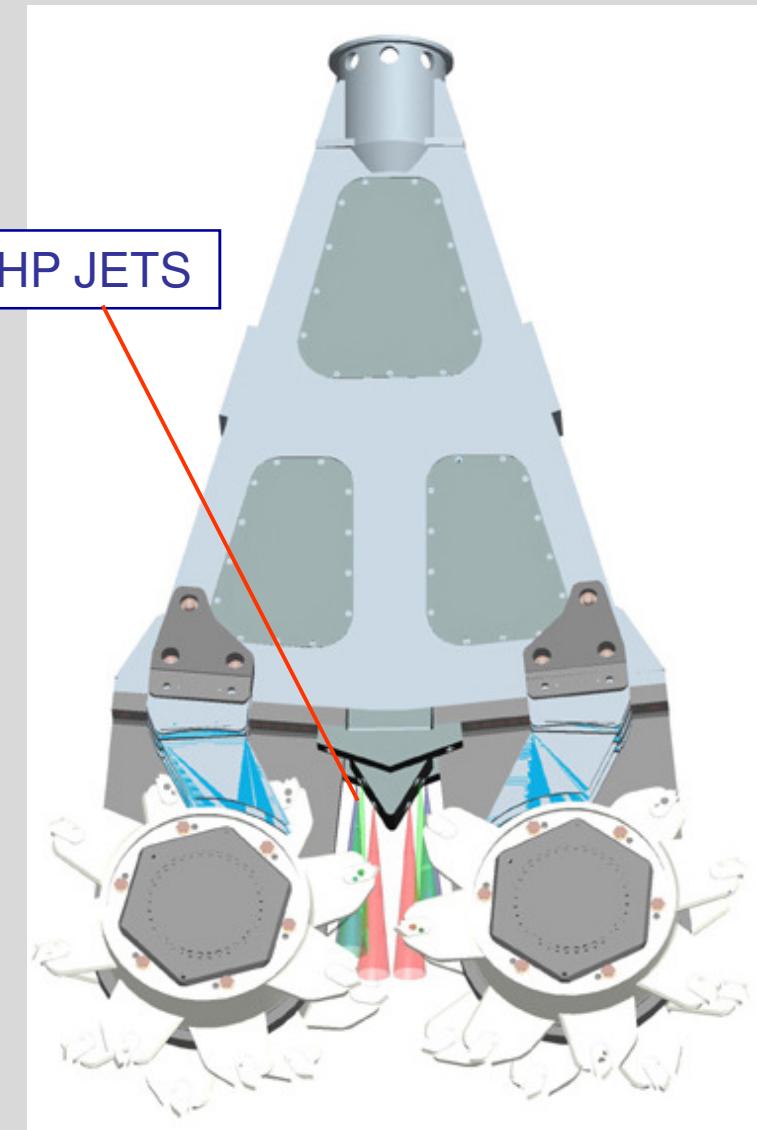
## Diaframma con asportazione parziale del terreno

Con il **metodo CTJet** la disaggregazione e la miscelazione del terreno viene ottenuta mediante l'**azione combinata di utensili meccanici dentati, coadiuvati da un sistema di iniezione di getti ad alta pressione dell'agente consolidante** che fuoriescono da una serie di ugelli opportunamente posizionati.



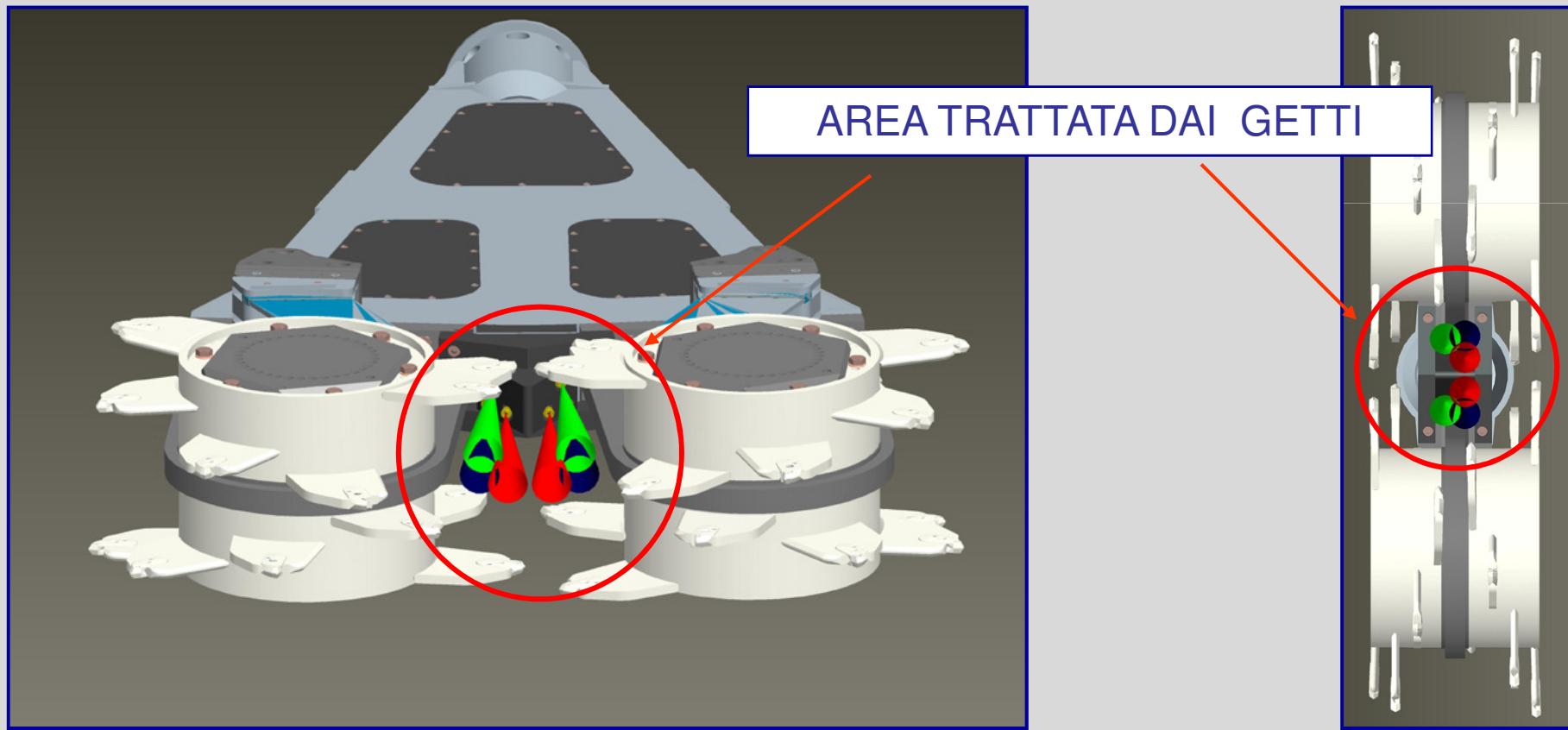
## Diaframma con asportazione parziale del terreno

I getti ad elevata energia cinetica favoriscono e velocizzano la disgregazione del materiale da trattare, ottimizzando così la miscelazione e di conseguenza aumentando la qualità finale della miscela terreno-legante, soprattutto in termini di resistenze ed omogeneità della sezione consolidata.



## Diaframma con asportazione parziale del terreno

L'energia idraulica dei getti ad alta pressione disgrega anche la zona centrale di terreno al di sotto dei supporti delle ruote, evitando altresì l'impiego di denti mobili. Una ampia gamma di configurazioni e forme dell'elemento di supporto ugelli sono a disposizione per affrontare differenti condizioni di terreno, parametri esecutivi, ecc.



## Diaframma con asportazione parziale del terreno

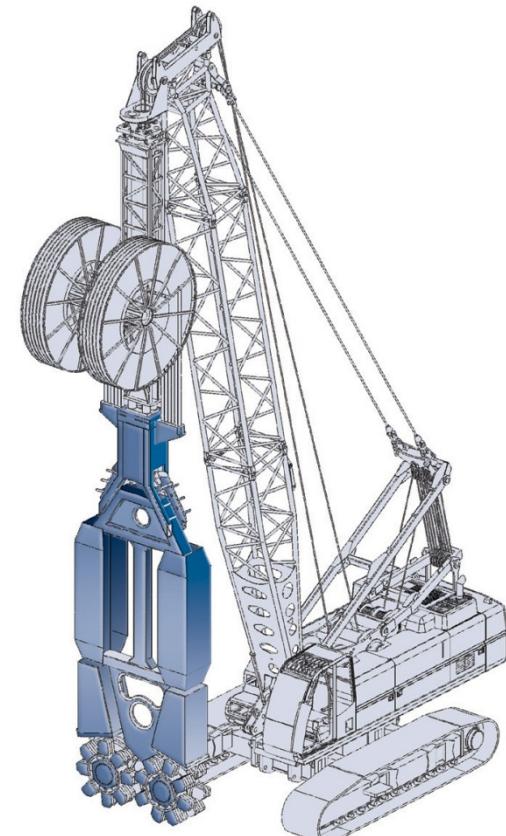
I pannelli possono essere armati con profilati metallici o putrelle, inseriti per peso proprio o mediante l'uso di piccoli vibratori.



## Diaframma con asportazione parziale del terreno

Le attrezzature impiegate possono essere di due diverse tipologie:

- **guidate (tipo "G")**, con guida rigida verticale adeguata alla profondità di trattamento (**max. profondità ca. 30-40 mt.**)
  
- **sospese (tipo "S")**, per impiego in spazi ristretti con limitazione di altezza. In questa speciale versione l'intero utensile idraulico fresante/disgregante viene applicato ad una gru a fune, potendo così raggiungere la **profondità max di ca. 70-80 mt.**



## Diaframma con asportazione parziale del terreno

- Il nuovo metodo CTJet è innovativo sia per quanto riguarda la qualità che la produttività, con risparmi in termini di tempi e costi, pur mantenendo un alto standard qualitativo.
- Il metodo è applicabile in una vasta gamma di terreni, ottenendo sempre una buona qualità di miscelazione e una geometria prevedibile.
- L'azione combinata dei getti ad alta pressione, delle ruote taglienti e delle aste di miscelazione permette di ottenere buoni risultati, minimizzando la quantità di fluidi di miscelazione e di cementazione, e quindi la quantità di materiale di spурго.
- Possiamo quindi considerare il metodo CTJet una tecnologia pulita e ambientalmente compatibile, visto che lo spурго rappresenta soltanto una frazione del volume trattato.

# **ATTREZZATURE PER DIAFRAMMI**



## Benne idrauliche

Modello	profondità max m	dimensioni scavo (larghezza x lunghezza) mm	peso tot. kg
BH-8	40 m (60 m su richiesta)	500/1000 x 2000/3000	8000
BH-12	60 m (60 m su richiesta)	500/1200 x 2500/4000	15000
GH-12	70 m	500/1000 x 3000/4200	12500
GH-15	70 m	600/1200 x 3000/4200	15200



## Benna meccaniche

Modello	dimensioni scavo (larghezza x lunghezza) mm	peso tot. (con estensione) kg
SWG 2.8-5	500 ÷ 800 x 2800	9450 ÷ 11700
SWG 2.8-6	600 ÷ 1000 x 2800	10200 ÷ 12700
SWG 3.2-6	800 ÷ 1200 x 3200	14000 ÷ 17200
SWG 3.6-6	1000 ÷ 1500 x 3200	15200 ÷ 18900
SWG 4.2-6	600 ÷ 1000 x 3600	16700 ÷ 19800
	600 ÷ 1000 x 4200	17120 ÷ 21300



<b>LEOPARD</b> serie	altezza m	prof. di scavo m	centr.idr.esterna kW	potenza motore kW	peso totale tons	unità fresante consigliata	config. consigliata
-------------------------	--------------	---------------------	-------------------------	----------------------	---------------------	-------------------------------	------------------------

SR-100	20.5	80	-	480	90	<b>H-5</b>	HDD*
SR-100 EP	20.5	80	708	480	90	<b>H-5/8/10</b>	HDD*
SR-120 EP	20.5	100	708	480	120	<b>H-5/8/10</b>	HDD*

\* **HDD** = tamburi su piattaforma

<b>TIGER</b> serie	altezza m	prof. di scavo m	centr.idr.esterna kW	potenza motore kW	peso totale tons	unità fresante consigliata	config. consigliata
-----------------------	--------------	---------------------	-------------------------	----------------------	---------------------	-------------------------------	------------------------

SC-90	23	80	-	480	90	<b>H-5</b>	HDD*
SC-120	23	100	-	522	120	<b>H-5/8</b>	HDD*
SC-90 EP	23	80	708	480	90	<b>H-5/8/10</b>	HDD*
SC-120 EP	23	100	708	522	120	<b>H-5/8/10</b>	HDD*

\* **HDD** = tamburi su piattaforma



<b>COUGAR</b> serie	altezza m	prof. di scavo m	centr.idr.esterna kW	potenza motore kW	peso totale tons	unità fresante	config. consigliata
SC-90	28	50	-	480	90	<b>H-5</b>	HWD*
SC-120	37	58	-	522	120	<b>H-5/8</b>	HWD*
SC-90 EP	28	50	708	480	90	<b>H-5/8/10</b>	HWD*
SC-120 EP	37	58	708	522	120	<b>H-5/8/10</b>	HWD*
SC-120 EP	37	100	708	522	120	<b>H-5/8/10</b>	HWD*

\* HWD = tamburi sul braccio

<b>UNITA FRESANTE</b>	coppia kNm	larghezza mm	lunghezza mm	altezza m	peso t	max vel. rotazione rpm
H-5	2 x 51	700 - 800	2600 - 2800	13	26 - 32	29
H-8	2 x 87	800 - 1400	2600 - 2800	13	33 - 39	22
H-10	2 x 102	800 - 1600	2600 - 2800	13	34 - 42	19